

Amaral, A.C.; Kunz, A.; Steinmetz, R.L.R.; Scussiato, L.A.; Tapparo, D. C.; Gaspareto, T.C. (2016). Influence of solid liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. *Journal of Environmental Management*, 168, 229-235.

Amaral, A. C.; Kunz, A. ; Steinmetz, R. ; Tapparo, D. ; Gaspareto, T. C.; Dias, J. R. ; Veruck, M. ; Basso, B. T. (2015). Produção de biogás em uma Unidade Produtora de Desmame (UPD): Influência do modelo de biodigestor. In: 3 Congresso Brasileiro de Produção Animal Sustentável, 2015, Chapecó. Anais do III Anisus.

Deng, L.; Chen, Z.; Yang, H.; Zhu, J.; Liu, Y.; Long, Y.; Zheng, D.(2012). Biogas fermentation of swine slurry based on the separation of concentrated liquid and low content liquid. *Biomass & Bioenergy*, 45, 187-194.

Hjorth, M.; Christensen, K.V.; Christensen, M.L.; Sommer, S.G. (2010). Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 30, p.153-180.

Mao, C.; Feng, Y.; Wang, X.; Ren, G. (2015). Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 540-555.

Moukakis, I.; Pellerá, F.; Gidarakos, F. (2018). Slaughterhouse by-products treatment using anaerobic digestion. *Waste Management*, 71, 652-662.

Steinmetz, R.L.R.; Mezzari, M. P. ; Silva, M. L. B. ; Kunz, A. ; Amaral, A. C. ; Tapparo, D. C. ; Soares, H. M. (2016). Enrichment and acclimation of an anaerobic mesophilic microorganism's inoculum for standardization of BMP assays. *Bioresource Technology*, v. 219, p. 21-28.

Santos, I.F.S.; Vieira, N. D. B.; Nóbrega, L. G. B.; Barros, R. M.; Tiago Filho, G. L. (2018). Assessment of potential biogas production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 54-63.

VDI 4630. Fermentation of Organic Materials – Characterization of the Substrate, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests. The Association of German Engineers, Düsseldorf, Germany (2006).

Vivan, M.; Kunz, A.; Stolberg, J.; Perdomo, C.; Techio, V.H. (2010). Efficiency of biodigester and stabilization pond interaction in removal of swine manure pollutants. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.*, 15, 320-325.

Yang, D. Deng, L.; Zheng, D.; Liu, G.; Yang, H.; Wang, L. (2015). Separation of swine wastewater into solid fraction, concentrated slurry and dilute liquid and its influence on biogas production. *Fuel*, 144, 237-243.

Zhang, W.; Lang, Q.; Wu, S.; Li, S.; Bah, H.; Dong R. (2014). Anaerobic digestion characteristics of pig manures depending on various growth stages and initial substrate concentrations in a scaled pig farm in Southern China. *Bioresour. Technol.*, 156, 63-69.

[00230] PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO (UV/H₂O₂) COMO ALTERNATIVA DE PRÉ-TRATAMENTO DE EFLUENTE CONTAMINADO PELO AGROTÓXICO CLORPIRIFÓS

PRISCILLA VEIGA BERNARDELLI¹; PAULA MAGRO²; MARIA ELIZA NAGEL-HASSEMER³; LUCIANO GEBLER⁴

Universidade Federal de Santa Catarina^{1,2}; UFSC³; Embrapa Uva e Vinho⁴

priscilla.vb@hotmail.com¹; ppaulamagro@gmail.com²; maria.eliza@ufsc.br³; luciano.gebler@embrapa.br⁴

Abstract:

Brazil has become the world's top pesticide consumer since 2008. This high consumption rate could lead to serious environmental, sanitary and social risks. Given this, mitigating practices play a fundamental role to reduce the impact caused by pesticide use. Among these, a bioreactor known as Biobed stands out. However, some specific pesticides interfere negatively on that reactor, consequently diminishing its efficiency.

In this context, the Advanced Oxidation Process UV/H₂O₂ proves to be an interesting pretreatment alternative, as it has shown to be effective for different pesticides degradation. The aim of this study was to evaluate UV/H₂O₂ technology as a chlorpyrifos pretreatment, in order to determine the pre-oxidation conditions. The photodegradation was carried out in an annular reactor, with a high pressure UV lamp. Tests were performed with the initial H₂O₂ concentration varying from 600 to 2000 mg/L and reaction time from 15 to 80 minutes, while the lamp was powered both

with 80 and 125W. The best result was obtained using 125W, H₂O₂ concentration of 1750 mg/L and 80 minutes of pre-oxidation, providing a 31.5% removal. These results show that UV/H₂O₂ technology is efficient as a pretreatment technique, resulting in a less concentrated and toxic effluent, so it could be further degraded by bioreactors.

Palavras-chave: Pré-tratamento, UV/H₂O₂, *Biobed*

1. Introdução

A atividade agrícola representa um setor de grande importância para a economia mundial, e no Brasil esta situação não é diferente. Estima-se que em 2017 a participação do setor agropecuário no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil foi de 23 a 24%, aproximadamente um quarto, representando então uma das principais bases para a economia do país (BRASIL, 2010, 2017; LIZANO-FALLAS et al., 2017).

Associado a esta magnitude produtiva está o uso de agrotóxicos para o controle de pragas, o qual vem se demonstrando como uma prática muito comum para a maximização dos índices de produtividade (CARNEIRO et al., 2015; JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009; LIZANO-FALLAS et al., 2017). Cerca de 80% dos agricultores brasileiros utilizam agrotóxicos em suas culturas, e ainda devido a extensa produção agrícola nacional, o país utiliza grandes quantidades destas substâncias anualmente. Devido a esta notável demanda, desde 2008 o Brasil é considerado como o maior mercado consumidor de agrotóxicos do mundo (BRASIL, 2012; PEDLOWSKI et al., 2012).

Este valor expressivo evidencia um grave problema para o país. Pois o uso incorreto e excessivo destas substâncias contribui para o surgimento de vulnerabilidades sanitárias, ambientais e sociais (CARNEIRO et al., 2015).

Os agrotóxicos são os principais contaminantes ambientais provenientes dos processos agrícolas, e o manejo incorreto destas substâncias pode provocar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, bem como de grandes volumes de solo (CASTILLO; TORSTENSSON; STENSTRÖM, 2008; GEBLER et al., 2015). Neste contexto, duas etapas críticas do manuseio dos agrotóxicos podem ser destacadas: (1) a preparação das caldas de agrotóxico, onde podem ocorrer derrames e respingos de ingredientes ativos puros; e (2) o manejo dos resíduos de calda do interior e exterior dos tanques de pulverização, onde é gerado efluente contaminado por estas substâncias. Os derrames, respingos e sobras de efluente de agrotóxicos caracterizam uma grande problemática ambiental, pois contaminam o meio com concentrações muitas vezes

superiores àquelas indicadas para uso pelas bulas. Este tipo de contaminação é denominado contaminação pontual, e pode ser evitado com a adoção de medidas mitigadoras aplicadas na propriedade rural (CASTILLO; TORSTENSSON; STENSTRÖM, 2008). Neste contexto, o reator de biorremediação modelo *Biobed* apresenta destaque. Esta é uma técnica relativamente simples, de baixo custo e operacional simplificado, que visa reproduzir de forma eficiente as atividades de sorção e biodegradação que ocorrem no meio ambiente (COPPOLA; CASTILLO; VISCHETTI, 2011; FOGG; BOXALL; WALKER, 2003). Este reator é composto por palha, solo e turfa, coberto por uma camada de grama, e a literatura demonstra considerável eficiência de remoção para diferentes agrotóxicos, como: atrazina, ametrina, clorpirifós, carbofurano, carbendazim, metalaxil, entre outros (CASTRO-GUTIÉRREZ et al., 2017; HUETE-SOTO et al., 2017a; LIZANO-FALLAS et al., 2017).

No entanto, a literatura demonstra que alguns fungicidas, com destaque para a família química dos triazóis, podem interferir na eficiência de biodegradação destes reatores, o que por consequência, prejudica a eficácia desta técnica (CASTILLO-GONZÁLEZ et al., 2017; MURILLO-ZAMORA et al., 2017). Então, Murillo-Zamora e colaboradores (2017) salientam a necessidade de serem desenvolvidas abordagens biológicas ou físico-químicas para a eliminação destas substâncias.

Neste cenário, o Processo Oxidativo Avançado UV/H₂O₂ se demonstra como uma alternativa interessante de pré-tratamento, visto que sua eficácia é comprovada para a degradação de diferentes agrotóxicos (CELEIRO et al., 2017; PARKER et al., 2017; SEMITSOGLU-TSIAPOU et al., 2016). Este processo se baseia na formação de radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), um agente de elevado poder oxidante, com caráter extremamente reativo e de reduzida seletividade (CHENG et al., 2016). Então com a inclusão do pré-tratamento, pode-se obter um efluente pré-oxidado, e com condições menos concentradas e tóxicas, para então poder-se continuar a degradação dos agrotóxicos pelo tratamento biológico posterior (*Biobed*).

O Clorpirifós (CP), com nome químico O,O-dietil O-3,5,6-tricloropiridin-2-ol fosforotioato, é um dos inseticidas mais utilizados da família dos organofosforados (FEMIA et al., 2013; JOSEPH; ZARATE, 2015). Atua no sistema nervoso como inibidor da enzima acetilcolinesterase, podendo provocar a paralisia dos músculos necessários à respiração e a parada dos batimentos cardíacos em mamíferos, por exemplo (SAVOLAINEN, 2001).

Existem diferentes estudos que utilizam efluentes contaminados pelo CP para serem degradados nos *Biobeds*, e sabe-se então, que esta técnica se demonstra eficiente para o tratamento desta substância (GEBLER et al., 2015; HUETE-SOTO et al., 2017b; PAPADOPOULOU et al., 2016; TORTELLA et al., 2012). Devido a isto, o clorpirifós foi selecionado para este estudo, com vistas a testar o processo UV/H₂O₂

como pré-tratamento deste agrotóxico. Caso o efluente pré-oxidado não apresente uma boa resposta de degradação no *Biobed*, poder-se-á compreender que o processo UV/H₂O₂ interferiu negativamente no reator, não cumprindo então seu objetivo inicial. Caso contrário, pode-se pensar em aplicar este pré-tratamento em substâncias de difícil remoção pelos *Biobeds*, como é o caso dos triazóis.

Então, este estudo teve como foco definir as condições de pré-tratamento do Processo Oxidativo Avançado UV/H₂O₂, para efluente contaminado pelo agrotóxico clorpirifós. As variáveis Potência da lâmpada e Concentração inicial de H₂O₂ foram testadas. A validação desta técnica de pré-tratamento para ser utilizada em conjunto com o reator *Biobed* será abordada em trabalhos futuros.

2. Materiais e Métodos

Reagentes

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) utilizado é do laboratório Dinâmica, e possui teor de 35% (m/m). O produto formulado com ingrediente ativo (i.a.) de Clorpirifós Klorpan 480 EC (480g i.a./L) é proveniente do laboratório Nufarm.

Procedimentos Experimentais

O efluente simula a calda de CP aplicada na pulverização de culturas de maçã, portanto foi preparado na proporção de 150 mL de i.a. em 100 L de calda (720 mg/L). Água de torneira foi utilizada para a dissolução do agrotóxico, com o objetivo de executar o experimento da forma mais próxima possível da realidade agrícola.

O ensaio de degradação fotoquímica foi realizado em um reator laboratorial (Figura 1), com capacidade para 0,7 L de efluente. Possui parede dupla de vidro para que seja estabelecido um mecanismo de resfriamento em seu interior (22 °C), evitando assim o superaquecimento do sistema. A fonte de radiação UV selecionada é uma lâmpada de vapor de mercúrio em alta pressão, com potências testadas de 80 e 125W (OSRAM). No interior do reator, elas são revestidas por um tubo de quartzo, para que não haja interferência na irradiação do efluente. O sistema foi colocado em operação sobre um agitador magnético, para permanecer em constante agitação. E os experimentos foram executados sem a alteração do pH inicial (pH da solução).

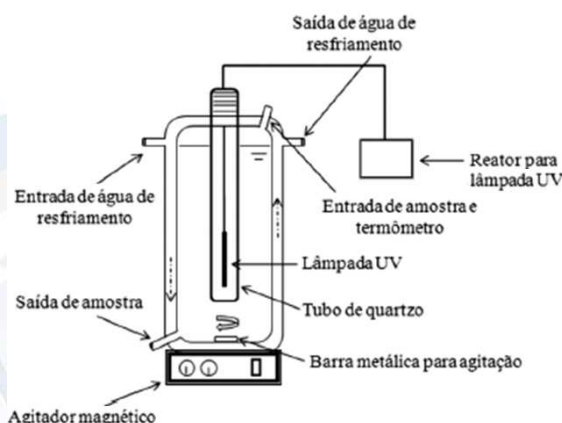


Figura 1. Representação esquemática do reator fotoquímico. Fonte: Nagel-Hassemer et al. (2012).

Após a inserção do efluente no reator, adicionou-se H₂O₂ e a lâmpada UV foi acionada. Para cada potência de lâmpada utilizada, foram testados diferentes tempos de coleta e concentrações iniciais de H₂O₂ (Tabela 1).

Tabela 1. Valores das variáveis concentração de H₂O₂ e tempo de reação, para as lâmpada UV de 80 e 125 W.

Lâmpada UV 80 W	
Concentração de H ₂ O ₂ (mg/L)	600, 800, 1 000, 1 200, 1 350, 1 500
Tempo (min.)	15
Lâmpada UV 125 W	
Concentração de H ₂ O ₂ (mg/L)	1 500, 1 750, 2 000
Tempo (min.)	40, 60 e 80

Métodos Analíticos

As amostras contaminadas com os agrotóxicos serão coletadas ao longo dos tratamentos, e então preparadas e analisadas. Serão monitorados o pH, o residual de H₂O₂ e a concentração dos respectivos agrotóxicos, de acordo com os métodos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Métodos analíticos dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Métodos
pH	Método potenciométrico.
H ₂ O ₂ residual	Titulação com permanganato de

	potássio Klassen; Marchington; McGowan (1994).
Concentração de agrotóxico	Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à Espectrometria de Massa (UPLC-MS/MS).

3. Resultados e Discussões

Análises primárias

Os primeiros ensaios fotoquímicos foram realizados com a lâmpada UV com potência de 80W, e todas as coletas foram efetuadas após 15 minutos de reação. Então os valores de concentração de CP, obtidos após os ensaios com as seis concentrações iniciais distintas de H₂O₂, podem ser visualizados na Figura 2.

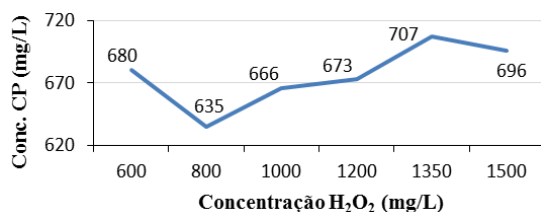


Figura 2. Valores de concentração do clorpirifós após 15 minutos de reação e lâmpada de 80W.

De acordo com a linha representada no gráfico, a concentração do CP apresenta decaimentos e picos ao longo das análises. Porém seus 6 valores se mantêm próximos, mesmo com o aumento da concentração inicial de H₂O₂. Então nesta análise não se percebe a existência de uma tendência bem delimitada, em relação ao decaimento da concentração do CP com o aumento do H₂O₂. A concentração inicial de 800 mg/L de H₂O₂ é a que apresentou a menor concentração de CP após 15 minutos de reação, entretanto, nota-se um aumento de eficiência a partir de 1500 mg/L. Devido a isto, optou-se por testar concentrações maiores de H₂O₂ e averiguar sua influência sobre o tratamento.

Com relação à potência da lâmpada e o tempo de reação, pode-se perceber que 15 minutos de oxidação fotoquímica não foi suficiente para interferir de forma significativa na concentração do agrotóxico. Por isso, os ensaios subsequentes foram realizados com tempos mais prolongados, e a potência da lâmpada foi intensificada.

Pré-oxidação do clorpirifós

Os ensaios fotoquímicos foram então modificados e intensificados, visando obter uma maior oxidação do agrotóxico. Os resultados obtidos para a concentração de CP podem ser visualizados na Figura 3. Com relação à concentração inicial de H₂O₂, pode-se perceber a mesma tendência de degradação do CP em todos os três valores testados. E para as concentrações de 1750 e 2000 mg/L, as concentrações CP são muito próximas e não apresentam diferenças significativas.

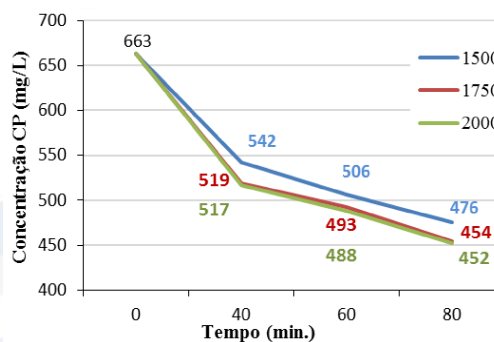


Figura 3. Valores de concentração do clorpirifós para os tempos de reação de 40, 60 e 80 minutos, com as concentrações iniciais de H₂O₂ de 1 500, 1 750 e 2 000 mg/L.

Com relação ao tempo de reação, em todos os três cenários testados, a concentração de CP diminui significativamente nos primeiros 40 minutos, e nos 40 minutos seguintes esta remoção não se demonstra tão expressiva quanto a anterior. Obteve-se em 80 minutos de reação, eficiências de degradação de 28%, 31,5% e 31,8%, para as concentrações iniciais de H₂O₂ iguais a 1500, 1750 e 2000 mg/L respectivamente. Dentre estas porcentagens obtidas, cerca de 20% de remoção em todos os três cenários, correspondem aos primeiros 40 minutos da análise.

Com estes resultados, pode-se afirmar que com potência de lâmpada de 125W, concentração inicial de H₂O₂ de 1750 mg/L, e 80 minutos de reação, faz-se possível implementar um processo de pré-tratamento eficiente para a degradação parcial do agrotóxico clorpirifós.

Conclusões

O processo UV/H₂O₂ se demonstra eficiente como uma alternativa de pré-tratamento.

As condicionantes potência da lâmpada de 125W, concentração inicial de H₂O₂ de 1750 mg/L, e tempo de 80 minutos resultam na melhor escolha de pré-tratamento (31,5%), perante os cenários testados.

A lâmpada UV e o H₂O₂ são itens de relativa facilidade de aquisição, fato que permite que o produtor rural consiga acesso e replique este tratamento. Este estudo oferece então uma contribuição prática à gestão dos agrotóxicos no meio agrícola.

Deve-se avaliar futuramente quais respostas o reator *Biobed* apresenta, devido a inclusão do processo UV/H₂O₂ como pré-tratamento.

Referências Bibliográficas

Brasil, (ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária). (2018). A Regulação e o Mercado de Agrotóxicos no Brasil. <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-2012-2012-09-de-maio-de-2012-anvisa-agenor> (accessed: 29 March 2018).

Brasil, (IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). (2010). Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental. IBAMA, Brasília.

BRASIL, (MAPA - Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento). (2017). Agropecuária puxa o PIB de 2017. <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017> (Accessed 15 April 2018).

Carneiro, F. F.; Augusto L. G. S.; Rigotto, R. M.; Friedrich, K.; Búrgio, A. C. (2015). Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/ Expressão Popular, Rio de Janeiro/São Paulo.

Castillo-González, H.; Pérez-Villanueva, M.; Masís-Mora, M.; Castro-Gutiérrez, V.; Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Antibiotics do not affect the degradation of fungicides and enhance the mineralization of chlorpyrifos in biomixtures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **139**, 481–487.

Castillo, M. Del P.; Torstensson, L.; Stenstrom, J. (2008). Biobeds for environmental protection from pesticide use: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 6206–6219.

Castro-Gutiérrez, V.; Masís-Mora, M.; Diez, M. C.; Tortella, G. R.; Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Aging of biomixtures: Effects on carbofuran removal and microbial community structure. *Chemosphere*, **168**, 418–425.

Celeiro, M.; Facorro, R.; Dagnac, T.; Vilar, V. J. P.; Llompart, M. (2017). Photodegradation of multiclass fungicides in the aquatic environment and determination by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**, 19181–19193.

Cheng, M.; Zeng, G.; Huang, D.; Lai, C.; Xu, P.; Zhang, C.; Liu, Y. (2016). Hydroxyl radicals based

advanced oxidation processes (AOPs) for remediation of soils contaminated with organic compounds: A review. *Chemical Engineering Journal*, **284**, 582–598.

Coppola, L.; Castillo, M. Del P.; Vischetti, C. (2011). Degradation of isoproturon and bentazone in peat- and compost-based biomixtures. *Pest Management Science*, **67**, 107–113.

FEMIA, J.; Mariani, M.; Zalazar, C.; Tiscornia, I. (2013). Photodegradation of chlorpyrifos in water by UV/H₂O₂ treatment: Toxicity evaluation. *Water Science and Technology*, **68**, 2279–2286.

Fogg, P.; Boxall, A. B. A.; Walker, A. (2003). Degradation of pesticides in biobeds: The effect of concentration and pesticide mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 5344–5349.

Gebler, L.; Pizzutti, I. R.; Cardoso, C. D.; Filho, O. K.; Miquelluti, J.; Santos, R. S. S. (2015). Bioreactors to Organize the Disposal of Phytosanitary Effluents of Brazilian Apple Production. *Chemical Engineering Transactions*, **43**, 343–348.

Huete-Soto, A.; Masís-Mora, M.; Lizano-Fallas, V.; Chin-Pampillo, J. S.; Carazo-Rojas, E.; Rodríguez-Rodríguez, E. (2017a). Simultaneous removal of structurally different pesticides in a biomixture: Detoxification and effect of oxytetracycline. *Chemosphere*, **169**, 558–567.

Huete-Soto, A.; Castillo-González, H.; Masís-Mora, M.; Chin-Pampillo, J. S.; Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017b). Effects of oxytetracycline on the performance and activity of biomixtures: Removal of herbicides and mineralization of chlorpyrifos. *Journal of Hazardous Materials*, **321**, 1–8.

Jardim, I. C. S. F.; Andrade, J. De A.; Queiroz, S. C. D. N. (2009). Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - um enfoque às maçãs. *Química Nova*, **32**, 996–1012.

Joseph, S. V.; Zarate, J. (2015). Comparing efficacy of insecticides against cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) in the laboratory. *Crop Protection*, **77**, 148–156.

Klassen, N. V.; Marchington, D.; McGowan, H. C. E. (2004). H₂O₂ Determination by the I3- Method and by KMnO₄ Titration. *Analytical Chemistry*, **66**, 2921–2925.

Lizano-Fallas, V.; Masís-Mora, M.; Espinoza-Villalobos, D.; Lizano-Brenes, M.; Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Removal of pesticides and ecotoxicological changes during the simultaneous treatment of triazines and chlorpyrifos in biomixtures. *Chemosphere*, **182**, 106–113.

Murillo-Zamora, S.; Castro-Gutiérrez, V.; Masís-Mora, M.; Lizano-Fallas, V.; Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Elimination of fungicides in biopurification systems: Effect of fungal bioaugmentation on removal performance and microbial community structure. *Chemosphere*, **186**, 625–634.

Nagel-Hassemer, M. E.; Coral, L. A.; Lapolli, F. R.; Amorim, M. T. S. P. (2012). Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. *Quimica Nova*, **35**, 900–904.

Papadopoulou, E. S.; Karas, P. A.; Nikolaki, S.; Storck, V.; Ferrari, F.; Trevisan, M.; Tsiamis, G.; Martin-Laurent, F.; Karpousas, D. G. (2016). Dissipation and adsorption of isoproturon, tebuconazole, chlorpyrifos and their main transformation products under laboratory and field conditions. *Science of the Total Environment*, **569–570**, 86–96.

Parker, A. M.; Lester, Y.; Spangler, E. K.; Gunten, U. V.; Linden, K. G. (2017). UV/H₂O₂ advanced oxidation

for abatement of organophosphorous pesticides and the effects on various toxicity screening assays. *Chemosphere*, **182**, 477–482.

Pedlowski, M. A.; Canela, M. C.; Terra, M. A. C.; Faria, R. M. R. (2012). Modes of pesticides utilization by Brazilian smallholders and their implications for human health and the environment. *Crop Protection*, **31**, 113–118.

Semitsoglou-Tsiapou, S.; Templeton, M. R.; Graham, N. J. D.; Leal, L. H.; Martijn, B. J.; Royce, A.; Kruithof, J. C. (2016). Low pressure UV/H₂O₂ treatment for the degradation of the pesticides metaldehyde, clopyralid and mecoprop - Kinetics and reaction product formation. *Water Research*, **91**, 285–294.

Tortella, G. R.; Rubilar, O.; Castillo, M. Del P.; Cea, M.; Mella-Herrera, R.; Diez, M. C. (2012). Chlorpyrifos degradation in a biomixture of biobed at different maturity stages. *Chemosphere*, **88**, 224–228.

[00250] ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES DE CICLO DE VIDA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETES)

RICARDO GABBAY DE SOUZA¹; ROSSANA BORGES TEIXEIRA²; GUSTAVO HENRIQUE RIBEIRO DA SILVA³;

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)^{1,2,3}

ricardo.souza@unesp.br; rossanabt@hotmail.com; gustavo.ribeiro@unesp.br

Palabras Clave: ACV em ETES; Levantamento de impactos ambientais do tratamento de esgoto; ISO 14044.

Abstract

Wastewater treatment plants (WWTP) offer a great service to human and to ecosystem by the reduction of pollutants, however WWTP may cause impacts to environment by consumption of materials and energy, by the release of atmospheric emissions and by the need

to correctly destine the solid waste generated (sludge). In order to know and measure those possible impacts and compare diferentes options of WWTP systems, Life cycle assessment (LCA) has been applied. When using LCA, some procedures should be followed to guarantee the compliance with ISO 14044. The objective of this work is to analyse the most cited works of LCA on WWTP, verifying the compliance with ISO directive. This was done by the search of the 10 most cited works in Scopus database, the carefully reading of them and through the observation of what the researchers of this area have been doing and using to apply LCA on WWTP, as well the various means that could be

adopted when conducting a LCA. As expected some differences have been found in how to get inventory data, what boundaries to consider and mainly in the main function of WWTP.

1. Introdução

Não há dúvida quanto ao serviço prestado pelas Estações de tratamento de esgoto (ETEs) na redução da poluição dos esgotos com ganhos para o meio ambiente e para a saúde das populações, porém as ETEs podem trazer impactos negativos pelo consumo de energia e de materiais, pelas emissões atmosféricas e pela geração de resíduos sólidos necessários para o tratamento. A utilização da metodologia Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) permite classificar os impactos ambientais e medi-los e indicar pontos mais críticos do processo, o que pode levar a minimização dos prejuízos ambientais (Gallego et al., 2008; Rodriguez-Garcia et al., 2011).

As recomendações e obrigatoriedades da norma ISO 14044 devem ser seguidas a fim de que a ACV atinja seus objetivos e aplicações (ABNT, 2009). Porém, de acordo com Corominas et al. (2013), apenas uma fração das ACVs realizadas em ETEs de todo o mundo atendem aos requisitos obrigatórios sendo eficazes. Ademais, a metodologia da ACV permite grande variação na definição dos escopos e objetivo como por exemplo na definição das etapas estudadas (construção, operação e ou demolição) e delimitação do processo, quanto as entradas e saídas consideradas no inventário, os impactos a serem caracterizadas (quantificados) na fase de avaliação de impactos, além de diferentes abordagens para a interpretação dos resultados obtidos (ABNT, 2009; Corominas et al., 2013).

Visto as possibilidades de variações, o objetivo deste trabalho é avaliar o que tem sido feito e adotado em ACVs em ETEs com vistas a novos estudos.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi coletar dos artigos mais citados de LCA em ETEs informações a fim de analisar como estão sendo feitas as ACV em ETEs em relação

ao conteúdo das fases e as possibilidades de variação de conteúdo em atendimento a norma ISO 14044. Além de avaliar a viabilidade de novos estudos nesta área.

3. Metodologia

Em fevereiro de 2018, nas bases de dados Scopus foram buscados trabalhos (artigos, revisões e *proceedings paper*) publicados nos anos de 2008 a 2017 utilizando a seguinte combinação de palavras: “*life cycle assessment*” ou LCA ou LCI ou “*life cycle inventory*” e WWTP ou “*wastewater treatment plant*” ou “*waste water treatment plant*” ou STP ou “*sewage treatment plant*”. As palavras foram buscadas nos campos título, palavras chaves e resumo. As listas obtidas foram classificadas por ordem decrescente de citações e salvas.

Na lista obtida foram analisados o número de publicação por ano, principais autores e países destes.

Os 10 artigos mais citados foram lidos e avaliados quanto ao conteúdo e as definições adotadas em comparação ao conteúdo das etapas, obrigatórias e opcionais, da norma ISO 14044. As observações foram registradas sendo apresentadas a seguir de acordo com as fases da Avaliação de Ciclo de Vida.

4. Resultados e Discussão

4.1. Breve Avaliação Bibliométrica

A Avaliação de ciclo de vida (ACV) em ETEs é um assunto de crescente interesse, como pode ser observado por meio da Figura 1.